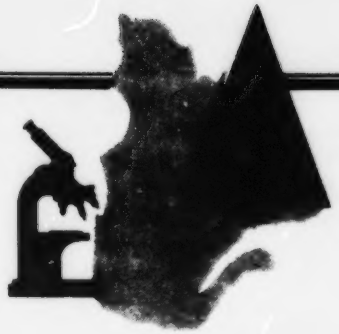
Québec



NOTE DE RECHERCHE FORESTIÈRE N° 30, 1986

VALEUR FERTILISANTE DU PHOSPHATE DE MAGNÉSIUM FUSIONNÉ UTILISÉ DANS DES PLANTATIONS DE SAPIN BAUMIER CULTIVÉ POUR LA PRODUCTION D'ARBRES DE NOËL

Jean-Marc Veilleux*

O.D.C. 281+232.322.412(047.3)(714)
L.C. SD 408 .A22

RÉSUMÉ

Lors d'essais de fertilisation effectués au moment de la plantation, les rendements obtenus au point de vue des taux de survie, de la formation des bourgeons adventifs et des réactions aux traitements sont liés en partie aux caractéristiques physico-chimiques des sols. L'absence de réactions pour les essais au début de la quatrième saison de croissance s'explique par un niveau élevé de fertilité du sol d'Ayer's Cliff.

Le PMF, à dose comparable avec le superphosphate, est une bonne source de phosphore. Son effet semble aussi durable que celui de l'autre forme tandis que le magnésium qu'il apporte au sol est bénéfique. Par contre, le calcium qu'il contient n'a pas été absorbé au niveau des feuilles contrairement à celui du superphosphate. Les réactions aux apports de phosphore auraient certes été plus marquées si la forme assimilable de cet élément s'était trouvé en quantités plus faibles dans les sols traités.

ABSTRACT

Following fertilization trials at the time of planting, yields as regards rate of survival, adventive bud formation, and response to the treatments, are in part related to physico-chemical properties of the soils. Lack of response to the treatments at the beginning of the fourth growing season can be explained by a high level of soil fertility at Ayer's Cliff.

* Ingénieur forestier chargé de recherches en sylviculture, Service de l'amélioration des arbres.

Fused magnesium phosphate (FMP), in dosage comparable with superphosphate, is a good source of phosphorus. Its effect seems as durable as the other form's while the magnesium it brings to the soil is beneficial. But its calcium content was not absorbed at the foliar level in contrast to Ca in superphosphate. Responses to phosphorus additions would have been more evident if there had been less P in its available form in the soils treated.

INTRODUCTION

Il est possible de fusionner à haute température les résidus miniers d'amiante du Québec avec un phosphate naturel en vue d'obtenir un produit pouvant servir comme engrais et appelé phosphate de magnésium fusionné (PMF). Ce type d'engrais est déjà produit dans plusieurs pays, notamment le Japon, le Brésil et l'Afrique du Sud (Nagaromi, 1978).

Le but de la présente expérience était de vérifier l'effet du PMF québécois comparé au superphosphate, sur la croissance et le développement de plantations de sapin baumier cultivé pour la production d'arbres de Noël.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Trois dispositifs expérimentaux ont été mis en place à raison de deux essais de fertilisation effectués au moment de la plantation (Compton et Stanstead), l'autre essai étant réalisé dans une plantation déjà établie et âgée de quatre ans (Ayer's Cliff). Toutes ces plantations sont installées sur d'anciennes terres cultivées pour l'agriculture qui se situent dans la section des Cantons de l'Est (L-5) de la région forestière des Grands-Lacs et du Saint-Laurent.

Ces trois sols proviennent de tills mais diffèrent quant à leurs propriétés physico-chimiques. Ainsi, le sol de Compton se situe dans la classe texturale des sables loameux bien drainés à pH 4,7 avec une teneur de 60 ppm en phosphore disponible. Les loams de Stanstead et d'Ayer's Cliff sont modérément drainés et leur pH varie de 5,5 à 5,9 tandis que leur teneur respective en phosphore disponible est de 25 ppm et 140 ppm. Les teneurs du sol en calcium et magnésium semblent faibles à Compton tandis que le potassium pourrait être insuffisant à Stanstead (Veilleux 1985a, 1985b).

Le PMF québécois est une substance de couleur noirâtre à texture relativement fine puisque 90 p. 100 du produit possède une granulométrie qui se situe entre 149 et 2 000 microns. Sa composition chimique déterminée par analyse montre 20,5 p. 100 de P_2O_5; 15,9 p. 100 de MgO; 26,2 p. 100 de SiO_2; 30,6 p. 100 de CaO; 3,3 p. 100 de Fe_2O_3 et 1,3 p. 100 de Al_2O_3 (Nagamori, 1978). Le superphosphate contient 20,0 p. 100 de P_2O_5, 28,6 p. 100 de CaO et 11,9 p. 100 de soufre. L'azote et le potassium ont été appliqués respectivement sous forme de nitrate d'ammonium (34 p. 100 d'N) et de muriate de potassium (60,5 p. 100 de K_2O).

Pour les essais au moment de la plantation, les doses de phosphore ont varié entre 0, 20 et 40 g/plant, combinées ou non avec l'azote et le

potassium, ces derniers appliqués aux taux de 20 et 40 g/plant. Dans la plantation déjà établie d'Ayer's Cliff, les taux de phosphore ont été de 0, 20, 40 et 80 g/plant tandis que l'azote et le potassium ont été utilisés aux taux de 40 et 80 g/plant. Dans chaque plantation, 10 traitements de fertilisation ont été appliqués (tableau 1). Chaque traitement a été répété 8 fois et une répétition d'un traitement contient cinq arbres consécutifs sur une même rangée. Les dix traitements d'une même répétition sont regroupés dans un même bloc et leur distribution est aléatoire. Les engrais ont été appliqués manuellement le plus tôt possible au printemps par fertilisation localisée sous la projection de la cime de chaque arbre, en évitant de fertiliser trop près du pied de l'arbre.

Lors des plantations de 1979, à Compton et à Stanstead, les plants repiqués (2-3), produits par la pépinière de Duchesnay, appartenaient à la classe de hauteur 15-35 cm. Ils étaient identifiés à la provenance 70-K-85-B, canton de Marlow. La plantation s'est effectuée à la pelle tandis que celle de 1975 à Ayer's Cliff était mécanisée. Dans tous les cas, l'espacement utilisé a été de 1,8 mètre entre les rangées d'arbres et de 1,5 mètre entre les plants d'une même rangée.

L'état des arbres, la croissance annuelle de la flèche terminale ainsi que la formation des bourgeons adventifs des entrenoeuds ont été observés chaque automne au cours des trois années qui ont suivi la fertilisation. Au cours de la même période, les aiguilles de l'année ont été prélevées afin de les analyser chimiquement au point de vue de la quantité totale d'éléments N, P, K, Ca et Mg. L'azote et le phosphore sont déterminés par colorimétrie après une simple digestion tandis que les cations sont dosés par spectrométrie d'émission et d'absorption atomique après minéralisation.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Taux de survie

Les taux moyens de survie obtenus après trois ans sont consignés au tableau 2. Ils montrent une meilleure reprise des plants obtenue à Stanstead avec 98,2 p. 100, comparativement à 94,2 p. 100 à Compton. De plus, les taux de mortalité augmentent aux deux endroits avec les doses d'engrais chimiques, principalement à la suite des applications d'azote. La dose de 40 g/plant de phosphore appliquée sous forme de superphosphate augmente aussi la mortalité des plants nouvellement mis en terre. L'effet des engrais sur la survie des plants est par contre moins frappant dans la plantation de Stanstead. Comme Veilleux (1985a) le mentionne, les sols sableux et secs qui sont caractérisés par une faible capacité de rétention de l'eau et des éléments nutritifs sont moins favorables à la survie et à l'installation des nouvelles plantations. De plus, ces sols rendent plus risquée la fertilisation au moment de la plantation à cause de leur grande perméabilité, surtout lorsque des doses élevées sont appliquées, c'est-à-dire plus de 20 g/plant d'éléments sous formes solubles. L'apparition de fortes concentrations salines au niveau des racines à la suite de la dissolution des engrais est conditionnée par la fréquence et la quantité des précipitations qui suivent la fertilisation et qui vont régir la sévérité des dommages. Souvent, les sécheresses de l'été ne font qu'aggraver le phénomène; toutefois, les risques sont moins grands avec un sol comme celui de Stanstead.

Teneurs des aiguilles en éléments nutritifs

Les analyses chimiques des aiguilles de l'année courante ont été effectuées à la fin de chacune des trois premières saisons de croissance après la fertilisation. Pour caractériser les trois plantations, le tableau qui suit fait ressortir, pour les arbres témoins, les teneurs foliaires en éléments nutritifs à la fin de la troisième saison de croissance:

Éléments	Plantations			Standards de Bruns, 1973
	Compton	Stanstead	Ayer's Cliff	
Azote total (p. 100)	2,29	2,29	2,43	1,50
Phosphore total (p. 100)	0,26	0,24	0,27	0,19
Potassium total (p. 100)	0,67	0,38	0,74	0,72
Calcium total (p. 100)	0,56	0,78	0,88	0,62
Magnésium total (p. 100)	0,07	0,15	0,14	0,10

Ce même tableau permet de comparer les données des trois plantations avec celles de Bruns (1973); ce dernier a compilé des moyennes pour les analyses foliaires effectuées dans des plantations d'arbres de Noël de qualité commerciale. Il en ressort que ces éléments nutritifs sont particulièrement abondant dans la plantation d'Ayer's Cliff qui est alors âgée de 7 ans. Les teneurs dans les autres plantations plus jeunes (3 ans) sont nettement suffisantes à l'exception du calcium et du magnésium à Compton ainsi que du potassium à Stanstead; ces insuffisances réflètent les analyses des sols.

Les histogrammes de la figure 1 montrent, pour les plantations combinées de Compton et de Stanstead, en fonction des traitements de fertilisation, les variations des teneurs foliaires des cinq éléments nutritifs analysés. Ainsi, dès la première année des traitements, l'azote des aiguilles d'arbres qui n'ont pas reçu cet élément sous forme d'engrais se dose à 1,73 p. 100 en moyenne tandis qu'il atteint 2,11 p. 100 pour les arbres fertilisés avec l'azote. Aucune différence n'est décelée au niveau de l'azote foliaire entre les deux taux appliqués (20 et 40 g/plant); comme le démontre Veilleux (1985a), la forte dose de 40 g/plant n'est pas détectée parce qu'elle se traduit par un accroissement du stress des nouveaux plants mis en terre et dont plusieurs ne survivent pas. La figure 1 permet de visualiser que l'effet des traitements azotés diminue sensiblement dès la deuxième saison de croissance tandis qu'il n'est presque plus perceptible l'année suivante. L'effet des engrais phosphorés est perçu à compter de la deuxième saison de croissance au cours de laquelle les témoins montrent 0,28 p. 100 de P tandis que les arbres fertilisés atteignent entre 0,32 et 0,34 p. 100. Aucune différence n'est décelée entre les sources de phosphore et entre les doses de 20 et 40 g/plant. L'écart entre les arbres traités et les témoins diminue dès la saison suivante. Pour le potassium foliaire, une légère augmentation est perçue dès la première année chez les plants traités avec cet élément; ces derniers montrent une teneur de 0,49 p. 100 comparée à 0,41 p. 100 pour les témoins. La saison suivante, l'effet est nettement plus démarqué, avec des teneurs respectives de 0,73 et 0,59 p. 100 en potassium foliaire. Les écarts diminuent sensiblement en troisième année. La dose de 40 g/plant ne produit pas une augmentation supérieure et proportionnelle à celle de 20 g/plant. Le calcium contenu dans le superphosphate est rapidement absorbé et se retrouve au niveau

foliaire au cours des trois premières saisons après les traitements, les plus grandes différences étant observés au cours de la deuxième saison. Toutefois, les teneurs foliaires ne réflètent pas les doses différentes qui ont été appliquées. Par contre, le calcium contenu dans le PMF ne semble pas être disponible puisqu'aucune trace n'est décelée au niveau foliaire.

Les analyses d'aiguilles font ressortir que le magnésium contenu dans le PMF est absorbé et l'effet est surtout marqué en deuxième saison de croissance. Par la suite, les écarts tendent à diminuer. Les doses différentes appliquées ne se réflètent pas au niveau foliaire.

Les résultats d'analyses foliaires pour la plantation d'Ayer's Cliff ne sont pas indiqués parce qu'ils n'apportent rien de plus. Au contraire, les réactions aux additions d'engrais sont moins évidentes que dans les autres plantations parce que les sols sont bien pourvus en éléments nutritifs. De plus, les traitements avec le phosphore sont atténués par des effets négatifs de l'azote et du potassium; phénomènes de dilution ou d'interaction. L'engrais PMF semble moins efficace que le superphosphate.

Croissance de la flèche terminale

Les croissances annuelles et totales de la flèche terminale obtenues pour l'ensemble des traitements sont présentées dans le tableau suivant:

Endroit	Accroissements annuels moyens (cm) de la flèche terminale pour l'ensemble des traitements				Valeur de F^1
	1979	1980	1981	Total	
Compton[2]	7,0a (7,9)[3]	6,5a (3,4)	14,5b (9,1)	28,0 (20,4)	84,4**
Stanstead	7,2a (6,9)	6,9a (6,0)	20,4b (17,5)	34,5 (30,4)	268,3**
Ayer's Cliff	10,1a (10,1)	28,0b (28,5)	33,7c (37,4)	71,8 (76,1)	537,8**

[1] Analyse de variance entre les années. *: significatif à P = 0,95; **: significatif à P = 0,99; ns = non significatif.
[2] Les moyennes annuelles d'une même ligne horizontale qui sont suivies d'une lettre identique ne diffèrent pas au niveau P = 0,95.
[3] Entre parenthèses, les valeurs obtenues pour les arbres témoins.

Ce tableau révèle que le modèle des réactions est identique dans les trois plantations mais que les amplitudes diffèrent selon l'âge et la qualité du site. Ainsi, pour les essais au moment de la plantation (Compton et Stanstead), les variations sont attribuables à la fertilité du sol qui diffère, tandis qu'à Ayer's Cliff, la plantation étant plus âgée et déjà établie, les arbres démontrent les meilleurs accroissements. À Stanstead, les arbres se sont établis plus rapidement et leurs accroissements supérieurs ont été favorisés par des sols plus fertiles où les disponibilités de l'eau et des éléments nutritifs sont nettement plus élevées. Dans les essais au moment de la plantation, l'effet des engrais est à peu près nul au cours de la première année. Les accroissements les plus importants et qui diffèrent de façon

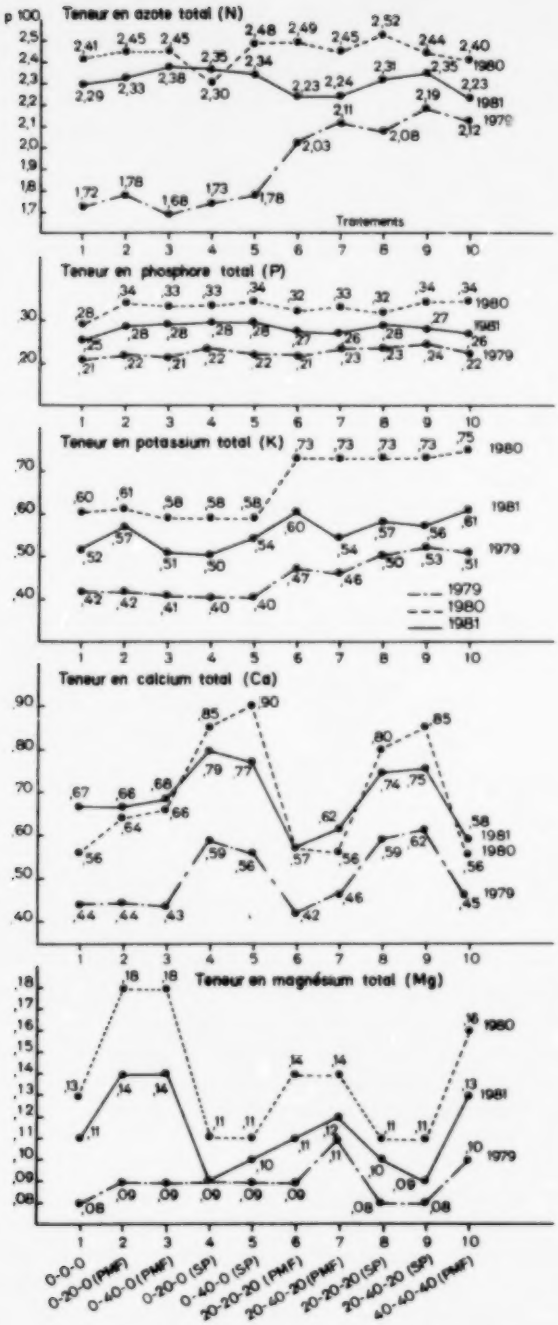


Figure 1 Variations des concentrations moyennes des éléments nutritifs des aiguilles de l'année courante, à la fin des trois premières saisons de croissance après fertilisation. Essais au moments de la plantation. Résultats combinés des deux plantations pour chaque traitements.

significative sont mesurés en troisième saison de croissance après fertilisation au cours de laquelle l'accroissement moyen de 17,5 cm pour les deux plantations est supérieur à la croissance réunie des deux premières saisons (13,8 cm). Dans la plantation d'Ayer's Cliff, les augmentations significatives de la croissance de la flèche terminale sont normales selon l'âge de la plantation et ne seraient pas attribuées aux traitements.

D'ailleurs, le tableau 4 fait ressortir, après trois ans, l'effet cumulatif de chaque traitement dans chacune des plantations. Seuls les essais au moment de la plantation montrent des différences significatives dues aux engrais et ce sont les traitements d'engrais combinés (N-P-K) qui favorisent le plus la croissance de la flèche terminale. Alors que les engrais phosphorés appliqués seuls favorisent de façon non significative la croissance de la flèche terminale à Compton, l'effet est différent à Stanstead. Dans l'ensemble, il n'y a pas de différence entre les sources de phosphore. Dans la plantation d'Ayer's Cliff, l'effet de la fertilisation semble négatif puisque les accroissements des arbres témoins sont supérieurs à ceux des arbres fertilisés; l'excellente fertilité du sol à cet endroit aurait contré l'effet des engrais.

Étude sur la formation des bourgeons adventifs

Le tableau qui suit montre que le nombre de bourgeons adventifs formés sur la flèche terminale tend à diminuer temporairement et de façon significative pour la deuxième saison de croissance, dans les plantations de Compton et de Stanstead. À compter de la troisième année, la production est égale ou supérieure à celle de la première saison de croissance. Ce phénomène de diminution du nombre de bourgeons adventifs est fréquent au cours de la période d'établissement d'une plantation. Pour les trois saisons étudiées, la production de bourgeons a été supérieure dans la plantation de Stanstead (25,5 versus 19,8) en raison d'une meilleure fertilité à cet endroit. Pour la plantation établie d'Ayer's Cliff, la production de bourgeons adventifs s'accroît de façon significative avec l'âge de la plantation, en proportion des accroissements de la flèche terminale.

Endroit	Formation annuelle moyenne (nombre/tige) des bourgeons adventifs pour l'ensemble des traitements				Valeur de F^1
	1979	1980	1981	Total	
Compton[2]	8,1a (9,8)[3]	3,4b (1,3)	8,5a (5,5)	20,0 (16,6)	66,9**
Stanstead	8,3b (7,9)	3,4a (3,0)	13,8c (11,4)	25,5 (22,3)	210,7**
Ayer's Cliff	7,2a (7,4)	31,2b (33,1)	34,0b (36,6)	72,4 (77,1)	506,2**

[1] Analyse de variance entre les années. *: significatif à P = 0,95; **: significatif à P = 0,99; ns: non significatif.

[2] Les moyennes annuelles d'une même ligne horizontale qui sont suivies d'une lettre identique ne diffèrent pas au niveau P = 0,95.

[3] Entre parenthèses, les valeurs obtenues pour les arbres témoins.

Le tableau 4 démontre après 3 ans, pour chaque plantation considérée séparément, l'effet cumulatif de tous les traitements sur la production des bourgeons adventifs. Les analyses de variance indiquent des différences significatives entre les traitements dans les trois plantations. Toutefois, les comparaisons multiples ne font ressortir des traitements qui diffèrent que dans la plantation de Stanstead. Lors des essais de fertilisation au moment de la plantation, les traitements avec les engrais phosphorés appliqués seuls n'ont pas favorisé plus que les témoins la formation des bourgeons adventifs. Les traitements combinés N-P-K ont favorisé le plus grand nombre de bourgeons sans qu'il y ait de grandes différences entre eux. Dans la plantation d'Ayer's Cliff, les arbres témoins ont produit un plus grand nombre de bourgeons adventifs que la plupart des traitements d'engrais et, à l'exception du traitement de 20 g/plant de PMF qui semble avoir eu un effet négatif inexplicable, les différences sont très minimes entre les autres traitements; dans cette plantation, l'absence de réaction s'explique par un niveau élevé de fertilité du sol au point de vue des éléments appliqués par fertilisation.

CONCLUSION

Les observations contenues dans cette note présentent des similitudes avec celles qui ont déjà été signalées (Veilleux, 1985a et 1985b). Les taux de survie obtenus après trois ans à la suite d'essais de fertilisation au moment de la plantation dépendent des propriétés physiques des sols des stations concernées. Ainsi, ceux qui possèdent la meilleure capacité de rétention de l'eau et des éléments nutritifs favorisent l'établissement des plants par une mortalité réduite et une croissance plus rapide au cours des premières années qui suivent la plantation. De plus, ces sols favorables contribuent à réduire l'effet négatif sur la survie qui découle de l'emploi d'engrais chimiques au moment de la plantation, à cause d'une percolation plus lente de la solution du sol. Tout cela explique pourquoi les taux de survie, les croissances ainsi que la formation des bourgeons adventifs ont été supérieurs dans la plantation de Stanstead.

Les réactions aux traitements de fertilisation sont liées à la fertilité du sol; elles sont plus grandes dans les plantations où le niveau des éléments est le plus faible. Les écarts entre les arbres témoins et les arbres traités sont plus grands à Compton que dans la plantation de Stanstead, même si cette dernière est supérieure au niveau des accroissements de la flèche terminale et de la production des bourgeons adventifs. À Ayer's Cliff par contre, aucune réaction n'est décelée à la suite de la fertilisation parce que les teneurs du sol au point de vue des éléments appliqués sous forme d'engrais étaient nettement suffisantes avant la fertilisation. Dans ces conditions, il y a danger de consommation de luxe et d'excès d'un ou de plusieurs éléments, ce qui risque de compromettre le développement normal de la plantation.

Les doses élevées d'éléments pour les traitements combinés (N-P-K) n'ont pas été tellement plus efficaces, confirmant qu'il est préférable d'appliquer les éléments à faible dose, soit 10 à 20 g/arbre à la fois, et de répéter les traitements sur une base annuelle ou aux deux ans. Au moment de la plantation, les doses faibles risquent moins d'augmenter le stress et la mortalité des plants en voie de s'établir.

Les comparaisons entre les sources de phosphore indiquent que les caractéristiques étudiées dans les présents essais ne sont pas plus influencées par le superphosphate que par le phosphate de magnésium fusionné. Les analyses foliaires des aiguilles de l'année courante font ressortir que les quantités de phosphore absorbées par les arbres sont équivalentes avec l'un ou l'autre des engrais pour une même dose appliquée. Les augmentations des teneurs en phosphore foliaire ne sont pas proportionnelles aux doses dans les deux cas. Par contre, le calcium contenu dans le PMF n'est pas décelé au niveau foliaire tandis que celui du superphosphate augmente avec les taux d'application. On retrouve aussi dans les aiguilles de sapin, des quantités supplémentaire de magnésium à la suite de l'addition de PMF mais les teneurs ne sont pas proportionnelles aux taux d'application. L'engrais superphosphate ne contient du magnésium qu'à l'état de traces; il est évident que la teneur foliaire en cet élément n'en est que peu affectée.

Pour atteindre notre but qui était de comparer les effets du phosphate de magnésium fusionné avec ceux du superphosphate, il eut été préférable dans l'ensemble de traiter des sols déficients au point de vue des éléments contenus dans ces engrais, c'est-à-dire en phosphore, calcium et magnésium. Les réactions auraient été beaucoup plus évidentes que dans l'expérience actuelle, où la plupart de ces éléments nutritifs atteignaient déjà un niveau plus que satisfaisant au moment de la fertilisation.

Enfin, l'engrais PMF, à dose comparable, est une bonne source de phosphore et son effet est tout aussi durable que celui du superphosphate. Son apport bénéfique en magnésium est un point favorable.

BIBLIOGRAPHIE

BRUNS, P.E., 1973. *Cultural practices, fertilizing and foliar analysis of balsam fir Christmas trees.* New Hampshire Agric. Exp. Sta., Sta. Bull. 501, 30 p.

NAGAMORI, M., 1978. *Dossier amiante FMP-CRIQ (n° 5-0645).* Centre de recherche industrielle du Québec, Rapp. Mat-78-094: 30 p.

VEILLEUX, J.-M., 1985a. *Fertilisation de plantations de sapin baumier cultivé pour la production d'arbres de Noël. I - Essais au moment de la plantation.* Gouv. Québec, M.E.R., Serv. Rech., Mémoire 87, 56 p.

VEILLEUX, J.-M., 1985b. *Fertilisation de plantations de sapin baumier cultivé pour la production d'arbres de Noël. II - Essais au début de la cinquième saison de croissance.* Gouv. Québec, M.E.R. Dir. de la rech. et du dév., Serv. de l'amélioration des arbres, Mémoire en préparation.

Tableau 1

Traitements de fertilisation appliqués en 1979 et exprimés en g/plant de chaque élément ajouté par pied d'arbre

1. Essais au moment de la plantation (Compton et Stanstead)		2. Essais au début de la cinquième saison de croissance (Ayer's Cliff)	
N° du traitement	Élément N-P-K g/plant	N° du traitement	Élément N-P-K g/plant
1	0 - 0- 0 (Témoin)	1	0- 0- 0 (Témoin)
2	0 -20- 0 (PMF)[1]	2	0-20- 0 (PMF)
3	0 -40- 0 (PMF)	3	0-40- 0 (PMF)
4	0 -20- 0 (SP)	4	0-80- 0 (PMF)
5	0 -40- 0 (SP)	5	0-40- 0 (SP)
6	20[2]-20-20[3] (PMF)	6	0-40- 0 (SP)
7	20-40-20 (PMF)	7	40-20-40[3] (PMF)
8	20-20-20 (SP)	8	80-40-80 (PMF)
9	20-40-20 (SP)	9	40-20-40 (SP)
10	40-40-40 (PMF)	10	80-40-80 (SP)

[1] Les lettres entre parenthèses identifient la source de phosphore utilisé:
PMF = Phosphate de magnésium fusionné (20,5 p. 100 P_2O_5; 16,2 p. 100 de MgO et 30,6 p. 100 de CaO).
SP = Superphosphate (20,0 p. 100 de P_2O_5; 28,6 p. 100 de CaO; 11 p. 100 de S).

[2] L'azote est ajouté sous forme de nitrate d'ammonium (NH_4NO_3 - 34 p. 100 d'N).

[3] Le potassium est appliqué sous forme de muriate de potasse (KCl - 60,5 p. 100 K_2O).

Tableau 2

Taux moyens de survie (p. 100) obtenues après trois ans, à la suite des essais de fertilisation au moment de la plantation

Traitements Élément en g/plant N-P-K	Taux de survie (p. 100)		
	Compton	Stanstead	Moyenne
1. 0- 0- 0 (Témoin)	97,5	100,0	98,7
2. 0-20- 0 (PMF)	97,5	100,0	98,7
3. 0-40- 0 (PMF)	100,0	100,0	100,0
4. 0-20- 0 (SP)	97,5	100,0	98,7
5. 0-40- 0 (SP)	95,0	97,5	96,2
6. 20-20-20 (PMF)	92,5	100,0	96,2
7. 20-40-20 (PMF)	92,5	92,5	92,5
8. 20-20-20 (SP)	92,5	97,5	95,0
9. 20-40-20 (SP)	90,0	97,5	93,7
10. 40-40-40 (PMF)	87,5	97,5	92,5
Moyenne	94,2	98,2	96,2

Tableau 3

Concentrations moyennes (p. 100) en éléments nutritifs des aiguilles de l'année courante prélevées à la fin des trois premières saisons de croissance après la fertilisation
Essais au moment de la plantation

Endroit - Année[1]	Teneurs en éléments nutritifs (p. 100)		
	Moyenne des 10 traitements	Témoin	Variation min.-max.
1. Azote total			
Compton 1979	1,61	1,32	1,31 à 1,98
1980	2,34	2,26	2,21 à 2,45
1981	2,32	2,29	2,23 à 2,48
Stanstead 1979	2,24	2,12	2,01 à 2,52
1980	2,55	2,57	2,40 à 2,64
1981	2,29	2,29	2,12 à 2,45
2. Phosphore total			
Compton 1979	0,20	0,19	0,18 à 0,23
1980	0,35	0,30	0,30 à 0,37
1981	0,28	0,26	0,26 à 0,30
Stanstead 1979	0,25	0,24	0,24 à 0,26
1980	0,31	0,27	0,27 à 0,35
1981	0,27	0,24	0,24 à 0,39
3. Potassium total			
Compton 1979	0,48	0,47	0,43 à 0,55
1980	0,78	0,75	0,75 à 0,81
1981	0,68	0,67	0,63 à 0,71
Stanstead 1979	0,42	0,38	0,36 à 0,51
1980	0,54	0,45	0,40 à 0,69
1981	0,42	0,38	0,33 à 0,61
4. Calcium total			
Compton 1979	0,31	0,22	0,20 à 0,50
1980	0,57	0,52	0,37 à 0,82
1981	0,63	0,56	0,50 à 0,77
Stanstead 1979	0,69	0,66	0,62 à 0,75
1980	0,82	0,60	0,60 à 0,99
1981	0,74	0,78	0,64 à 0,87
5. Magnésium total			
Compton 1979	0,06	0,05	0,05 à 0,07
1980	0,08	0,06	0,06 à 0,12
1981	0,08	0,07	0,05 à 0,11
Stanstead 1979	0,12	0,12	0,10 à 0,15
1980	0,19	0,20	0,16 à 0,26
1981	0,15	0,15	0,13 à 0,17

1 Année d'échantillonnage.

Tableau 4

Sommation de l'accroissement annuel de la flèche terminale et formation du nombre de bourgeons adventifs pour les trois années qui ont suivi la fertilisation

1. Essais au moment de la plantation								2. Essais en début de la cinquième saison de croissance			
Flèche terminale (cm)				Bourgeons adventifs (nombre/tige)				Flèche terminale (cm)		Bourgeons adventifs n/tige	
Trait.	Compton[1]	Stanstead	Moyenne	Trait.	Compton	Stanstead	Moyenne	Trait.	Ayer's Cliff	Trait.	Ayer's Cliff
1	20,3 b	30,4 bc	25,4	1	16,6 a	22,3 ab	19,5	1	76,1 a	1	77,1 a
2	24,0 ab	27,0 c	25,5	2	16,2 a	21,3 b	18,8	2	59,8 a	2	59,9 a
3	24,6 ab	28,3 bc	26,5	3	17,4 a	22,2 ab	19,8	3	68,4 a	3	70,4 a
4	22,4 ab	26,1 c	24,2	4	15,9 a	18,9 b	17,4	4	71,0 a	4	69,3 a
5	25,7 ab	25,2 c	25,5	5	18,6 a	21,9 ab	20,2	5	74,2 a	5	73,1 a
6	29,8 ab	41,8 ab	35,8	6	20,1 a	29,4 ab	24,7	6	75,2 a	6	71,2 a
7	33,6 ab	44,8 a	39,2	7	23,7 a	31,2 a	27,4	7	72,6 a	7	75,1 a
8	30,4 ab	38,0 abc	34,2	8	23,7 a	26,7 ab	25,2	8	71,4 a	8	70,1 a
9	33,5 ab	41,2 ab	37,2	9	22,5 a	31,8 a	27,1	9	73,9 a	9	79,1 a
10	36,1 a	41,7 ab	38,9	10	24,6 a	28,8 ab	26,7	10	75,1 a	10	78,7 a
Moy.:	28,0	34,5	31,2	Moy.:	19,8	25,5	22,7	Moy.:	71,8	Moy.:	72,4
F^2 :	4,04**	8,97**		F :	3,35**	5,84**		F :	2,72**	F :	2,49*

[1] Pour une plantation donnée, les moyennes des traitements de fertilisation (même colonne verticale) qui sont suivies d'une lettre identique ne diffèrent pas au niveau de P = 0,95.

[2] Valeurs de F obtenues par analyse de variance. *: significatif à P = 0,95; **: significatif à P = 0,99; ns: non significatif.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie
et des Ressources (secteur Forêts)
Direction de la recherche
et du développement

Tous droits réservés
Gouvernement du Québec